

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-236527

(43) 公開日 平成6年(1994)8月23日

(51) Int. Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 1 1 B 5/39				
G 0 1 R 33/06		R 8203-2 G		
H 0 1 F 10/30				
H 0 1 L 43/08		Z 9274-4 M		
審査請求 有 発明の数 47 O L				(全11頁)

(21) 出願番号 特願平6-2326

(22) 出願日 平成6年(1994)1月14日

(31) 優先権主張番号 014981 (Ser. No.)

(32) 優先日 1993年2月8日 (Filing Date)

(33) 優先権主張国 米国 (US) (Country)

(71) 出願人 390009531

インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション

INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION

アメリカ合衆国10504、ニューヨーク州
アーモンク (番地なし)

(72) 発明者 ブルース・アルヴィン・ガーニー

アメリカ合衆国95051、カリフォルニア州
サンタ・クララ、フローラ・ヴィスタ・ア
ベニュー 3770、ナンバー1308

(74) 代理人 弁理士 合田 潔 (外3名)

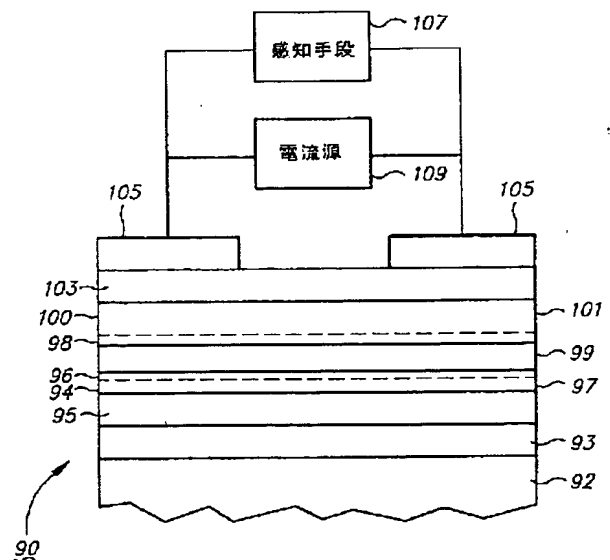
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 非磁性背部層を有する磁気抵抗センサ

(57) 【要約】

【目的】 読取り素子の抵抗の成分が、2つの隣接磁気層の磁化方向間の角度の余弦として変化する、スピン・バルブ効果に基づく磁気抵抗読取りセンサを提供すること。

【構成】 センサ読取り素子は、非磁性金属層によって分離された2つの隣接する強磁性層を含む。非磁性導電材料層を、フィルタ層と呼ばれる一方の強磁性層に隣接しかつそれと接触させて付着して、隣接するフィルタ層を介して伝導される伝導電子の低抵抗経路を提供する背部層または導電層を形成する。フィルタ層の厚さは、該層が、磁化方向に逆平行なスピンをもつ伝導電子を有効に遮断し、かつ平行スピンをもつ伝導電子は該層を介して隣接背部層に伝導させるように選択する。フィルタ層の磁化は、印加された磁界に応答して自由に回転し、それによって背部／フィルタ層中の伝導電子に対する電気抵抗が有効に変化する。背部層の厚さは、測定中のセンサ・パラメータが最適化されるように選択し、約4.0 Åないし1000 Åの範囲とする。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】非磁性材料スペーサ層によって分離されており、印加磁界がゼロのとき、第 1 の強磁性材料層の磁化方向が第 2 の強磁性材料層の磁化方向に対してほぼ垂直である、第 1 および第 2 の強磁性材料層と、前記第 1 の強磁性層に隣接しかつこれと接触する非磁性導電材料背部層と、前記第 2 の強磁性層の磁化を所望の方向に維持する手段とを備えることを特徴とする磁気抵抗センサ。

【請求項 2】前記手段が、前記第 2 の強磁性層に隣接しかつこれと接触し、かつ前記第 2 の強磁性層中に、前記第 2 の強磁性層中の磁化を所望の方向に維持するためのバイアス磁界を提供する、反強磁性材料交換バイアス層を備えることを特徴とする、請求項 1 に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 3】前記反強磁性層が、鉄マンガンを含有する群から選択された材料から構成されることを特徴とする、請求項 2 に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 4】前記反強磁性層が、鉄マンガンの合金から構成されることを特徴とする、請求項 3 に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 5】前記反強磁性層の厚さが約 50 Å ないし約 150 Å の範囲内であることを特徴とする、請求項 2 に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 6】前記非磁性背部層の最小厚さが、約 4 Å であることを特徴とする、請求項 1 に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 7】前記非磁性背部層の最大厚さが、前記非磁性背部層材料中の伝導電子の平均自由行程長の約 3 倍であることを特徴とする、請求項 6 に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 8】前記非磁性背部層の厚さが、約 4 Å ないし約 1000 Å の範囲内であることを特徴とする、請求項 6 に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 9】前記非磁性背部層の厚さが、約 4 Å ないし約 60 Å の範囲内であることを特徴とする、請求項 6 に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 10】前記第 1 および第 2 の強磁性層の厚さが、約 5 Å ないし約 150 Å の範囲内であることを特徴とする、請求項 1 に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 11】前記第 1 の強磁性層の厚さが、約 5 Å ないし約 30 Å の範囲内であることを特徴とする、請求項 10 に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 12】前記非磁性スペーサ層の厚さが、前記非磁性スペーサ材料中の伝導電子の平均自由行程長未満であることを特徴とする、請求項 1 に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 13】前記非磁性スペーサ層の厚さが、約 10 Å ないし約 40 Å の範囲内であることを特徴とする、請

求項 12 に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 14】前記非磁性スペーサ層が、銀、金、銅、ならびに銀、銅、金の合金から成る群から選択された材料から構成されることを特徴とする、請求項 1 に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 15】前記非磁性スペーサ層が、銅薄膜層を備えることを特徴とする、請求項 14 に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 16】前記非磁性背部層が、銀、金、銅から成る群から選択された材料から構成されることを特徴とする、請求項 1 に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 17】前記非磁性背部層が、銅薄膜層を備えることを特徴とする、請求項 16 に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 18】前記第 1 および第 2 の強磁性層のうちの少なくとも一方が多層構造を備えることを特徴とする、請求項 1 に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 19】前記多層構造が、交互に積層された、少なくとも 1 つの第 1 の強磁性材料層と少なくとも 1 つの第 2 の強磁性材料層を備えることを特徴とする、請求項 18 に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 20】前記第 1 の強磁性層が、前記非磁性スペーサ層に隣接して形成された薄いコバルト層と、薄いニッケル鉄層とを備えることを特徴とする、請求項 18 に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 21】前記第 1 および第 2 の強磁性層がそれぞれ、前記非磁性スペーサ層に隣接して形成された薄いコバルト層と、薄いニッケル鉄層とを備えることを特徴とする、請求項 18 に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 22】前記薄いコバルト層の厚さが、約 0.5 Å ないし約 20 Å の範囲から選択された厚さであることを特徴とする、請求項 21 に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 23】前記非磁性背部層と前記非磁性スペーサ層が同じ材料を含むことを特徴とする、請求項 1 に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 24】前記非磁性背部層と前記非磁性スペーサ層が異なる材料を含むことを特徴とする、請求項 1 に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 25】データを記録するための複数のトラックをもつ磁気記憶媒体と、

前記磁気トランスデューサと前記磁気記憶媒体の間の相対運動中に、前記記憶媒体から近い間隔の位置に維持される磁気トランスデューサとを備え、

前記磁気トランスデューサが、磁気抵抗センサを含み、前記磁気抵抗センサが、

非磁性材料スペーサ層によって分離されており、印加磁界がゼロのとき、第 1 の強磁性材料層の磁化方向が第 2 の強磁性材料層の磁化方向に対してほぼ垂直である、第 1 および第 2 の強磁性材料層と、

前記第 1 の強磁性層に隣接しかつこれと接触する非磁性

導電材料背部層と、

前記第2の強磁性層の磁化を所望の方向に維持するバイアス手段と、

前記磁気トランスデューサに結合されており、前記磁気トランスデューサを前記記憶媒体上の選択されたトラックに移動するアクチュエータ手段と、

前記磁気抵抗センサに結合されており、前記磁気媒体に記録されたデータ・ビットを表す磁界に応答して前記磁気抵抗センサの抵抗変化を検出する検出手段とを備えることを特徴とする磁気記憶システム。

【請求項26】前記バイアス手段が、前記第2の強磁性層に隣接しかつこれと接触し、かつ前記第2の強磁性層中に、前記第2の強磁性層の磁化を所望の方向に維持するためのバイアス磁界を提供する、反強磁性材料交換バイアス層を備えることを特徴とする、請求項25に記載の磁気記憶システム。

【請求項27】前記反強磁性層が、鉄マンガンをニッケル・マンガンを成る群から選択された材料から構成されることを特徴とする、請求項26に記載の磁気記憶システム。

【請求項28】前記磁気抵抗センサが、さらに前記反強磁性層上に付着されたキャッピング層と、前記キャッピング層上に付着されており、前記磁気抵抗センサを前記検出手段に結合する電気リード線手段とを備えることを特徴とする、請求項25に記載の磁気記憶システム。

【請求項29】前記キャッピング層が、タンタルおよびジルコニウムから成る群から選択された材料を備えることを特徴とする、請求項28に記載の磁気記憶システム。

【請求項30】前記非磁性スペーサ層が、銀、金、銅、ならびに銀、銅、金の合金から成る群から選択された材料から構成されることを特徴とする、請求項26に記載の磁気記憶システム。

【請求項31】前記非磁性スペーサ層が、銅薄膜層を備えることを特徴とする、請求項30に記載の磁気記憶システム。

【請求項32】前記非磁性背部層が、銀、金、銅から成る群から選択された材料から構成されることを特徴とする、請求項25に記載の磁気記憶システム。

【請求項33】前記非磁性背部層が、銅薄膜層を備えることを特徴とする、請求項32に記載の磁気記憶システム。

【請求項34】非磁性材料スペーサ層によって分離されており、印加磁界がゼロのとき、第1の強磁性材料層の磁化方向が第2の強磁性材料層の磁化方向に対してほぼ垂直である、第1および第2の強磁性材料層と、前記第1の強磁性材料層に隣接しかつこれと接触する非磁性導電材料背部層とを備えることを特徴とする磁気抵抗センサ。

【請求項35】前記非磁性背部層の最大厚さが、約4Åであることを特徴とする、請求項34に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項36】前記非磁性背部層が、銀、金、銅から成る群から選択された材料から構成されることを特徴とする、請求項34に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項37】非磁性材料スペーサ層によって分離された第1および第2の強磁性層と、

それ自体と前記スペーサ層との間に配設された前記第1の強磁性層に隣接しかつこれと接触する、第1の非磁性導電材料背部層と、

それ自体と前記スペーサ層との間に配設された前記第2の強磁性層に隣接しかつこれと接触する、第2の非磁性導電材料背部層とを備えることを特徴とする磁気抵抗センサ。

【請求項38】前記第1および第2の非磁性背部層の最小厚さが、約4Åであることを特徴とする、請求項37に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項39】前記第1および第2の非磁性背部層の最大厚さが、前記非磁性背部層材料中の伝導電子の平均自由行程長の約3倍であることを特徴とする、請求項38に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項40】前記第1および第2の非磁性背部層の厚さが、約4Åないし約1000Åの範囲内であることを特徴とする、請求項38に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項41】前記第1および第2の非磁性背部層の厚さが、約4Åないし約60Åの範囲内であることを特徴とする、請求項38に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項42】前記第1および第2の強磁性層の厚さが、約5Åないし約30Åの範囲内であることを特徴とする、請求項37に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項43】前記非磁性スペーサ層の厚さが、前記非磁性スペーサ材料中の伝導電子の平均自由行程長未満であることを特徴とする、請求項37に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項44】前記非磁性スペーサ層の厚さが、約10Åないし約40Åの範囲内であることを特徴とする、請求項43に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項45】前記非磁性スペーサ層が、銀、金、銅、ならびに銀、銅、金の合金から成る群から選択された材料から構成されることを特徴とする、請求項37に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項46】前記第1および第2の非磁性背部層が、銀、金、銅から成る群から選択された材料から構成されることを特徴とする、請求項37に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項47】前記第1および第2の非磁性背部層がそれぞれ、銅薄膜層を備えることを特徴とする、請求項46に記載の磁気抵抗センサ。

50 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、全体として、磁気媒体に記憶された情報信号を読み取る磁気トランスデューサに関し、詳しくは、印加された磁界を感知する磁気抵抗要素が非磁性導電材料から成る背部層を含む、スピン・バルブ効果に基づく磁気抵抗読取りトランスデューサに関する。

【0002】従来の技術では、データを高い線密度で磁気記憶媒体から読み取るために、磁気抵抗（MR）センサまたはヘッドと呼ばれる磁気読取りトランスデューサを使用する方法がよく知られている。MRセンサは、磁気材料で製造された読取り素子の抵抗変化による磁界信号を、読取り素子が感知する磁束の強さおよび方向の関数として検出する。これらの従来の技術のMRセンサは、読取り素子抵抗の成分が、磁化と、該読取り素子を通過する感知電流の方向との間の角度の余弦の平方（ \cos^2 ）として変化する、異方性磁気抵抗（AMR）効果に基づいて動作する。AMR効果の詳細は、D. A. トムソン（Thompson）らの論文“Memory, Storage, and Related Applications”, IEEE Trans. Mag. MAG-11, 1039ページ（1975年）に記載されている。

【0003】最近では、 $(F/NM)n$ （Fは強磁性金属、NMは非強磁性金属）の形の磁気多層構造中の伝導電子のスピン依存散乱効果による、従来とは異なるよりはっきりした磁気抵抗が観察されている。この効果は、強磁性層の強反強磁性カップリングを示す、スパッタリングされたFe/Cr、Co/Cu、またはCo/Ru多層や、1つの強い磁性層中の磁化方向が交換異方性によって固定される、F/NM/Fの形の本質的にカップリングされていない成層構造など、様々な系中で発見されている。磁気抵抗の物理的源泉は、どちらの種類の構造でも同じである。すなわち、磁界が印加されると、隣接する強磁性層の磁化の相対的方向が変化する。構造の抵抗は、磁化のアラインメントが平行から逆平行に変わるとき変化する。この機構は、材料の特定の組合せの場合に、AMRよりも大きくなり、「スピン・バルブ」磁気抵抗（SVMR）または巨大磁気抵抗（GMR）と呼ばれる磁気抵抗を生成する。

【0004】米国特許第4949039号は、磁気層中の磁化の逆平行アラインメントによって改善されたMR効果をもたらす成層磁気構造を記載している。上記特許では、成層構造で使用できる材料として、強磁性遷移金属および合金を挙げているが、優れたMR信号振幅用のリストで好ましい材料を特定してはいない。上記特許はさらに、反強磁性型交換カップリングを使用して、隣接する強磁性材料層が、たとえばクロム（Cr）やイットリウム（Y）の薄い非磁性中間層によって分離される、逆平行アラインメントを得る方法を記載している。

【0005】米国特許出願第07/625343号は、2つの非カップリング強磁性層間の抵抗が、2つの層の

磁化の間の角度の余弦として変化し、センサを通過する電流の方向とは独立である、MRセンサを開示している。この構造は、スピン・バルブ効果に基づき、材料の特定の組合せによってはAMRよりも大きくなる、磁気抵抗を生成する。

【0006】米国特許第5159513号は、前述のスピン・バルブ効果に基づき、非磁気金属材料の薄膜層によって分離された2つの強磁性材料薄膜層を含み、少なくとも一方の強磁性層がコバルトまたはコバルト合金から成る、MRセンサを開示している。一方の強磁性層の磁化は、外部印加磁界がゼロのとき、反強磁性層との交換カップリングによって、他方の強磁性層の磁化に対して垂直に維持される。

【0007】今日の磁気記憶システムのデータ記憶密度に対する増大し続ける要求を満たすためには、MRヘッドの磁束感知素子を、ますます薄い強磁性材料層で製造する必要がある。たとえば約15Åの超薄磁束感知層を使用するMRセンサは、従型のAMRセンサの場合でも、より新しいSVMRまたはGMRセンサの場合でも、MR係数が低下する。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の原理によれば、スピン・バルブ効果に基づくMR読取りセンサは、非磁性金属材料の薄膜層によって分離された第1および第2の強磁性材料薄膜層を含む、適切な基板上に形成された成層構造を備えている。少なくとも第1の強磁性材料層は、非磁性導電材料層によって裏打ちされる。外部印加磁界がゼロのとき、第1の強磁性材料層の磁化方向は、第2の強磁性材料層の磁化方向に対してほぼ垂直である。第2強磁性層の磁化方向は、該層と物理的に接触する隣接する反強磁性材料層によって提供される交換カップリングによってその方向が拘束または維持（「固定」）される。第1の（「自由」）強磁性層中の磁気方向は、外部印加磁界に応じて自由に回転する。電流源がMRセンサに感知電流を提供し、MRセンサは、感知される印加外部磁界の関数として、自由強磁性材料層中の磁化の回転によるMRセンサの抵抗の変動に比例する電圧降下を、読取り素子の両端間に発生させる。読取り素子の抵抗変化の大きさは、磁気媒体に記憶されたデータ・ビットを表す磁界などの外部印加磁界に応じた、自由層中の磁化方向と固定層の磁化方向の間の角度の変化の余弦の関数である。

【0009】図1を参照すると、本発明は、図1に示すような磁気ディスク記憶システムで実施されたものとして説明するが、磁気テープ記録システムなど他の磁気記憶システムや、磁気抵抗要素がたとえばビット・セルとして働く磁気ランダム・アクセス・メモリ・システムにも適用できることに留意されたい。少なくとも1つの回転可能な磁気ディスク12が、スピンドル14上に支持され、ディスク・ドライブ・モータ18によって回転さ

れる。各ディスク上の磁気記録媒体は、磁気ディスク12上の、環状パターンの形の同心データ・トラック（図示せず）である。

【0010】少なくとも1つのスライダ13がディスク12上に位置決めされ、各スライダ13が1つまたは複数の磁気読取り／書込みトランスデューサ21を支持する。これらのトランスデューサ21を通常、読取り／書込みヘッドと呼ぶ。磁気ディスク12が回転すると、スライダ13は、ディスク表面22上に近づいたり、該表面22から離れたりして、所望のデータが記録されているディスクの個々の部分にヘッド21が接近できるようになる。各スライダ13は、サスペンション15によってアクチュエータ・アーム19に取り付けられている。サスペンション15は、わずかなばね力を与え、このばね力がスライダ13をディスク表面22に対してバイアスさせる。各アクチュエータ・アーム19は、アクチュエータ手段27に取り付けられている。図1に示すアクチュエータ手段は、たとえばボイス・コイル・モータ（VCM）とすることができる。VCMは、固定磁界内で移動可能なコイルを備えており、コイル移動の方向および速度は、制御装置によって供給されるモータ電流信号によって制御される。

【0011】ディスク記憶システムの動作中は、磁気ディスク12の回転によって、スライダ13とディスク表面22の間に空気軸受が生成され、スライダ13に上向きの力または揚力がかかる。空気軸受はこうして、サスペンション15のわずかなばね力との釣り合いを取り、スライダ13をディスク表面22からわずかに上方に離れた位置に支持し、動作中わずかなばね一定した間隔を維持する。

【0012】ディスク記憶システムの様々な構成要素は、動作中、アクセス制御信号や内部クロック信号など、制御機構29で生成される制御信号によって制御される。通常、制御機構29は、たとえば論理制御回路、記憶手段、マイクロプロセッサなどを備えている。制御機構29は、線23上のドライブ・モータ制御信号や線28上のヘッド位置制御信号およびシーク制御信号などの制御信号を生成して、様々なシステム動作を制御する。線28上のヘッド位置制御信号およびシーク制御信号は、選択されたスライダ13を、関連する磁気ディスク12上の所望のデータ・トラックまで最適に移動して位置決めするための所望の電流プロファイルを提供する。読取り信号および書込み信号は、記録チャネル25によってヘッド21との間で送信される。

【0013】典型的な磁気ディスク記憶システムについての前記説明と、添付の図1の図面は、例示だけを目的としたものである。ディスク記憶システムが多数のディスクおよびアクチュエータを含むことができ、各アクチュエータが多数のスライダを支持できることに留意されたい。

【0014】図2を参照すると、本発明の原理によるMRスピン・バルブ・センサ30は、たとえばガラス、セラミック、半導体などの適切な基板31を備えており、基板31上に、非磁性または磁性導電材料の薄膜層33、第1の軟強磁性材料の薄膜層35、非磁性金属材料の薄膜層37、および第2の強磁性材料の薄膜層39が付着されている。第1の軟強磁性材料薄膜層35は、非磁性または磁性導電材料薄膜層33上に直接、かつ該層と物理的に接触するように形成されて二層を形成する。2つの強磁性材料層35、39の磁化は、外部印加磁界がある場合、矢印32および38で示すように、互いに約90°の角度に配向される。また、第2の強磁性材料薄膜層39の磁化方向は、矢印38で示す好ましい方向に固定される。したがって、第2の強磁性材料薄膜層39の磁化方向は固定されているが、第1の軟強磁性材料薄膜層35は、図2の第1の軟強磁性材料薄膜層35上の点線矢印で示すように、（図2に示す磁界hなどの）外部印加磁界に応じて自由に方向を回転する。

【0015】比較的高い電気抵抗をもつ交換バイアス材料の薄膜層41を、第2の強磁性材料薄膜層39と直接接触するように付着し、交換カップリングによってバイアス磁界を提供する。好ましい実施例では、交換バイアス材料薄膜層41は、たとえば鉄マンガン（FeMn）やニッケル・マンガン（NiMn）であることが好ましい、適切な反強磁性材料を備えている。また、第2の強磁性材料薄膜層39（固定層）は、硬バイアス層（図示せず）を使用して、あるいは当技術分野で周知の他の適切な方法で固定することができる。

【0016】センサ読取り素子が強磁性／非磁性／強磁性成層構造を備える、スピン・バルブ効果に基づくMRセンサは、参照によって本明細書に合体する、先に参照した米国特許出願第07/625343号に詳細に記載されている。この特許に記載されているスピン・バルブMR構造は、非磁性金属（導電）スペーサ層によって分離された2つの強磁性導電層を備えている。一方の強磁性層は、隣接する反強磁性層との交換異方性によってその方向が固定された、単一磁区状態に維持される。他方の強磁性層（自由層）の磁化は、印加磁界に応じて方向を回転する。固定層に対して自由層の磁化方向を変えるのに十分な磁界を印加することによって、磁気抵抗が観測される。本発明では、この自由層を備えた強磁性層の代りに二層構造を使用する。非磁性金属材料薄膜層37（「スペーサ層」とも称する）に隣接する層は、比較的薄い第1の軟強磁性材料薄膜層35（「フィルタ層」とも称する）である、第1の軟強磁性材料薄膜層35の後ろまたは背部には非磁性または磁性導電薄膜層33（「背部層」とも称する）がある。

【0017】磁性材料で観測されるGMRは主として、磁性材料の磁化方向に平行なスピンをもつ伝導電子の平均自由行程（ラムダ⁺）と、磁性材料の磁化方向と逆平

行なスピンをもつ伝導電子の平均自由行程（ラムダ）の差によるものである。本発明では、自由層33、35における第1の軟強磁性材料薄膜層35の厚さは、ラムダよりも大きく、ラムダよりも大幅に小さい。したがって、逆平行スピンをもつ伝導電子（少数キャリア）は、第1の軟強磁性材料薄膜層35によって有効にブロックされ（すなわち、フィルタ・アウトされる）が、第1の軟強磁性材料薄膜層35は、平行スピンをもつ伝導電子（多数キャリア）に対して本質的に透過的である。第2の強磁性材料薄膜層39で発生する（第2の強磁性材料薄膜層39の磁化方向に対する）多数キャリアおよび少数キャリアは、第1の軟強磁性材料薄膜層35に向かって移動するキャリアである。これらのキャリアは、自由層33、35磁化が回転するとき個別に散乱することができるので、GMRをもたらし、GMRに寄与する伝導電子は、反対方向に、第1の軟強磁性材料薄膜層35から第2の強磁性材料薄膜層31へと移動するが、平均すると同じ方向に動くので、説明を省く。同様に、非磁性金属材料薄膜層37で発生するあらゆる多数キャリアに対しては、同じ位置で発生し、同じ運動量をもつ少数キャリアがあるので、自由層33、35の磁化が回転しても、平均自由行程の和は変化しない。

【0018】本発明の構造で観測されるGMRは、抵抗ではなく、コンダクタンス（ ΔG ）の変化によって説明することができる。これは、 ΔG が、基本的にはスピン・バルブMRに関連する測定可能なマクロ量であることが分かっているからである。

【0019】第2の強磁性材料薄膜層39から非磁性金属材料薄膜層37に放出される、すなわち散乱する伝導電子について考えると、散乱が層間散乱であれバルク散乱であれ、第2の強磁性材料薄膜層39と非磁性金属材料薄膜層の間付近で散乱する少数キャリアは、非磁性金属材料薄膜層37を交差する少数キャリアの数を意味する。少数キャリアがその次の散乱事象の前に移動する距離は、多数キャリアの場合よりもはるかに短い。このように考えると、第2の強磁性材料薄膜層39は、残りのスピン・バルブ構造のスピン分極伝導電子の供給源とみなすことができる。第2の強磁性材料薄膜層39で発生するキャリアは、一般にスペーサ層材料中の電子の平均自由行程よりはるかに厚さの小さな非磁性金属材料薄膜層37中を移動し、第1の軟強磁性材料薄膜層35中に入る。第1の軟強磁性材料薄膜層35に入る多数キャリアは、第1の軟強磁性材料薄膜層35を介して非磁性または磁性導電材料薄膜層33に伝導され、該層33中で、平均して背部層材料で決定される追加平均自由行程（ラムダ₊）だけ移動する。しかし、少数キャリアは、散乱される前に、第1の軟強磁性材料薄膜層35をほんの短い距離だけ貫通する。したがって、比較的高い抵抗（すなわち、長い平均自由行程）を有する導電材料を非磁性または磁性導電材料薄膜層33に使用するとき、第

1の軟強磁性材料薄膜層35の磁化が多数キャリア・スピンに対して平行である場合、多数キャリア・コンダクタンスの値が大きくなる。非磁性または磁性導電材料薄膜層33および第1の軟強磁性材料薄膜層35の磁化を回転する（逆平行）と、少数キャリアが第1の軟強磁性材料薄膜層35中で散乱する結果、これらの伝導電子の有効平均自由行程（すなわち、コンダクタンス）が急激に減少する。

【0020】ここで、図3、4、5、および6をも参照すると、図3は、50Å Ta/ t_{Cu} Cu/15Å NiFe/23Å Cu/50Å NiFe/110Å FeMn/50Å Ta構造をもつガラス基板上に付着された、図2に示すスピン・バルブ構造の特定の実施例の、コンダクタンスの変化（ ΔG は $\Delta R/R^2$ にほぼ等しい）と対非磁性または磁性導電材料薄膜層33の厚さの関係を示す。最初のTa層はバッファ層であり、最後のTa層は保護キャップである。（ t_{Cu} Cu/15Å NiFe）は、Cuから成る非磁性または磁性導電材料薄膜層33とNiFeから成る第1の軟強磁性材料薄膜層35をもつ自由層33、35を備えている。MnFe層は、反強磁性交換カップリングを提供して、第2の強磁性材料薄膜層39の磁化を固定する、交換バイアス材料薄膜層41を備えている。図3に示すように、 ΔG は背部層厚さ t_{Cu} が増すにつれて増加する。これは、背部層材料が非磁性である場合でも同様である。図4は、ガラス基板上に付着された自由層の後ろに非磁性背部層がなく、構造（ t_F F/22Å Cu/50Å NiFe/90Å FeMn）を有する従来のスピン・バルブ構造の、 ΔG と強磁性層の厚さ（自由層）の関係を示す。ただし、Fは異なる厚さをもつFe層、NiFe層、またはCo層である。図3と4を比較すると、自由層の後ろに非磁性背部層を使用すると、背部層のない3つの強磁性材料のどれで得られる ΔG よりも大幅に大きな ΔG が提供されることが明らかである。図5は、図3に示す測定に使用されたスピン・バルブ構造の、磁気抵抗（ $\Delta R/R$ ）と背部層厚さ t_{Cu} の関係を示す。 $t_{Cu}=0$ では、 $\Delta R/R=1.1\%$ であり、 t_{Cu} が増加するにつれて $\Delta R/R$ が急激に増加し、 $t_{Cu}=25\text{Å}$ のとき3%のピークに達する。厚さが増すと、 $\Delta R/R$ は逆に減少する。図6は、同じ構造の、面積抵抗 R と t_{Cu} を示す。面積抵抗は、 t_{Cu} が0Åから150Åに増加するとき、 $250\text{ohm}/\text{sq}$ から $2.5\text{ohm}/\text{sq}$ に変化する。

【0021】次に、図7を参照すると、図2に示すスピン・バルブ構造30は、逆の順序で付着することができる。すなわち、反強磁性磁性バイアスまたは固定層を最初に付着し、次に固定強磁性層、非磁性スペーサ層、および自由フィルタ/背部二層をこの順序で付着する。本発明による逆MRスピン・バルブ・センサ60の好ましい実施例は、適切な基板61上のバッファ層63上に付着された、反強磁性材料交換バイアス層67、第1の強

磁性層69、非磁性金属スペーサ層71、第2の強磁性層73、および非磁性導電材料背部層75を備えている。当技術分野で周知のように、たとえば、非磁性導電材料背部層75の上に、Taなどの高抵抗材料の保護キャッピング層（図示せず）を設けると、以後の処理段階および操作中の構造の酸化を最小限に抑えあるいは防止することができる。図2に関して説明したように、印加磁界がないときは、第1の強磁性層69の磁化方向は、第2の強磁性層73の磁化方向に垂直な好ましい方向に固定されている。逆MRスピン・バルブ構造60では、第1の強磁性層69、非磁性金属スペーサ層71、および第2の強磁性層73の次に非磁性導電材料背部層75が付着される。したがって、これらの層の特性は、非磁性導電材料背部層75の材料の厚さおよび種類とは無関係である。必要に応じて、シード層65を反強磁性材料交換バイアス層67の下に付着して、反強磁性材料が所望の構造をもつようにすることができる。

【0022】特定の好ましい実施例では、逆MRスピン・バルブ・センサ60は、適切な基板上に付着されたTa(50Å)/NiFe(20Å)/Fe₆₀Mn₄₀(80Å)/Ni₈₀Fe₂₀(50Å)/Cu(23Å)/Ni₈₀Fe₂₀(20Å)/Cu(20Å)/Ta(30Å)構造をもつ。ここで、20ÅのCu層は非磁性導電材料背部層75を形成する。50ÅTa/20ÅNiFeバッファ/シード63/65層は、反強磁性相中でFe₆₀Mn₄₀材料を適切に成長させて、第1の強磁性層69の磁化方向を固定する交換バイアスを提供するための、テンプレートとなる。この好ましい実施例では、バッファ層63の厚さは約30Åないし50Åの範囲である。シード層65の厚さは約20Åないし50Åの範囲である。反強磁性材料交換バイアス層67の厚さは約80Åないし120Åの範囲である。第1の強磁性層69の厚さは約30Åないし100Åの範囲である。前述のように、非磁性金属スペーサ層71の厚さは約20Åないし40Åの範囲であるが、スペーサ層材料中の伝導電子の平均自由行程よりも小さいことが好ましい。第2の強磁性層73の厚さは約5Åないし30Åの範囲である。非磁性導電材料背部層75の厚さは、部分的には、印加された磁性信号を検出するためにどのパラメータを測定するかによって決まる。抵抗の変化、すなわち $\Delta R/R$ を測定する場合、非磁性導電材料背部層75の厚さは約4Åないし50Åの範囲である。また、コンダクタンスの変化を測定する場合は、非磁性導電材料背部層75の厚さは約4Åないし1000Åの範囲である。

【0023】次に、図8を参照すると、本発明によるMRスピン・バルブ・センサの他の好ましい実施例は、たとえばガラス、セラミック、半導体などの適切な基板81上のバッファ層83上に付着された、第1の非磁性導電材料背部層85、第1の軟強磁性材料薄膜層87、非磁性金属材料薄膜スペーサ層89、第2の軟強磁性材料

薄膜層91、および第2の非磁性導電材料背部層93を備えている。当技術分野で周知のように、たとえば、第2の非磁性導電材料背部層93の上にTaなどの高抵抗材料の保護キャッピング層（図示せず）を設けると、操作および以後の処理段階中の構造の酸化を最小限に抑えあるいは防止することができる。MRセンサ80に感知電流を印加すると、感知電流に伴う磁界が各強磁性層87、91にバイアス磁界を提供し、その結果、各層の磁化方向がセンサ磁化容易軸に対して大きさが等しく向きが反対の角度に配向されるようになる。磁化方向は、強磁性層87、91のどちらでも固定されず、したがって印加された磁界に自由に応答する。第1の背部層および第1の強磁性層が、第1の二層を形成する。同様に、第2の背部層および第2の強磁性層が第2の二層を形成する。磁気信号が印加されると、両方の二層、すなわち自由層の磁化方向が、磁化容易軸に対して大きさがほぼ等しく向きが反対の角度だけ回転し、したがって、各層の磁化間の角度が、一方の強磁性層が固定されたスピン・バルブ構造に比べて2倍変化する。この種の電流バイアスMRスピン・バルブ・センサは、1992年11月17日に出願され、本出願人に譲渡された、参照により本明細書に合体した同時係属の米国特許出願第07/977382号に記載されている。

【0024】次に、図9を参照すると、図2に示したMRスピン・バルブ・センサの他の実施例が示されている。背部層95を付着する前に、たとえばTa、Ru、CrVなどの適切な下層93を基板92に付着する。下層93の目的は、以後の層のテクスチャ、粒度、および形態を最適化することである。形態は、スピン・バルブ構造の大きなMR効果特性を得るうえで重要となり得る。なぜなら、この特性によって、2つの強磁性層97と101の間に極薄非磁性金属スペーサ層99を使用することが可能になるからである。下層93は、電気抵抗シャント効果を最低限に抑えるために高い抵抗を有する必要がある。下層93はまた、図7および9に関して説明したスピン・バルブ構造にも使用される。十分に高い抵抗、十分に平面な表面、適切な結晶構造をもつ材料で基板92を構成するならば、下層93は省略できる。

【0025】下層93上に、非磁性導電材料背部層95、次に第1の軟強磁性材料薄膜層97、非磁性金属材料薄膜層99、第2の強磁性材料薄膜層101、反強磁性材料層103を付着する。2つの強磁性層97、101は、印加磁界がないとき、その磁化が互いに約90°の角度に配向する。前述のように、第2の強磁性材料薄膜層101の磁化方向は、交換カップリングで生成されるバイアス磁界によって位置が固定される。非磁性伝導材料背部層95および第1の軟強磁性材料薄膜層97は、印加された磁界に応じて磁化が自由に回転する、二層を形成する。

【0026】強磁性層97、101は、たとえばCo、

Fe、Niや、NiFe、NiCo、FeCoのようなそれらの合金など適切な磁性材料で製造することができる。第2の強磁性材料薄膜層101の厚さは、約20Åないし約150Åの範囲から選択することができる。反強磁性材料層103は、たとえばNiMnやFeMnなどの適切な反強磁性材料で構成することができ、その厚さは約50Åないし約150Åの範囲から選択することが好ましい。また、第2の強磁性材料薄膜層101の磁化方向は、硬磁性バイアス層を使用して、または固定層に高保磁力磁性材料を使用して、あるいは当技術分野で周知の他の適切な方法で固定することができる。

【0027】フィルタ層として機能する第1の軟強磁性材料薄膜層97は、適切なNiFeまたはCo合金から構成することが好ましく、その厚さは約5Åないし約30Åの範囲から選択される。第1の軟強磁性材料薄膜層97の厚さは、主としてフィルタ/背部二層95/97中でのその機能によって決まる。第1の軟強磁性材料薄膜層97の一目的は、少数キャリアをブロックまたはフィルタ・アウトすることなので、その最小厚さは少数キャリア、すなわちフィルタ層の磁化方向に逆平行なスピンをもつ伝送電子の平均自由行程より大きくする必要がある。たとえば、Ni₈₀Fe₂₀のラムダは約7Å未満である。同様に、フィルタ層のもう1つの機能は該層を介して多数キャリアを非磁性導電材料背部層95に伝導することなので、その最大厚さは、多数キャリア、すなわちフィルタ層の磁化方向に平行なスピンをもつ伝導電子の平均自由行程より小さくする必要がある。たとえば、Ni₈₀Fe₂₀のラムダ^{*}は約50±4Åである。非磁性導電材料背部層95は、適切な非磁性導電材料から構成することができる。この材料は、比較的高い導電性（すなわち、低い抵抗）をもつ金属であることが好ましい。たとえばAu、Ag、Cuなどの貴金属は大きな応答を与える。非磁性導電材料背部層95の厚さは、使用する感知方法、すなわち測定するパラメータ、 ΔR 、 $\Delta R/R$ 、または ΔG に応じてセンサの応答を最適化することによって決定される。たとえば、 ΔG の大きさは背部層の厚さと共に急激に増加し、最大で、背部層材料中の伝導電子の平均自由行程長の2倍ないし3倍の厚さになる。一方、 ΔR または $\Delta R/R$ を測定する際の応答は、背部層厚さのピークの関数である。好ましい実施例では、 ΔR または $\Delta R/R$ を感知し、背部層厚さは約4Åないし60Åの範囲から選択する。 ΔG を感知する場合、背部層厚さは約4Åないし約1000Åの範囲から選択する。

【0028】非磁性金属材料薄膜層99は高導電性の金属であることが好ましい。Au、Ag、Cuなどの貴金属は大きなMR応答を提供し、PtおよびPdは小さなMR応答を提供するが、CrおよびTaは極めて小さなMR応答を示す。非磁性金属材料薄膜層99の厚さは、2つの強磁性層97、101を十分に磁氣的にデカップ

リングするのに十分な大きさであるが、スペーサ層材料の伝導電子の平均自由行程長より短くなるのに十分な薄さである。非磁性金属材料薄膜層99の厚さは、約10Åないし約40Åの範囲内であることが好ましい。非磁性導電材料背部層95および非磁性金属材料薄膜層99は高導電性の非磁性金属材料からなるが、背部層とスペーサ層を同じ材料で構成する必要はない。背部層とスペーサ層に同じ材料、たとえばCuを使用すると、センサを製造する製造工程の複雑さが軽減される。また、背部層とスペーサ層に異なる材料を使用すると、センサ中で最適なまたは所望の電気特性および磁気特性を得るための柔軟性が増大する。

【0029】次に、MRセンサ上に、たとえばTaやZrなどの高抵抗材料から成るキャッピング層105を付着する。電気リード線105を使用して、MRセンサと電流源109と感知手段107との間の回路経路を形成する。当技術分野で周知のように、最適なMRセンサ応答回路を提供するために、横バイアス層および縦バイアス層（図示せず）など追加のセンサ要素が必要となることもある。好ましい実施例では、印加された磁気信号に応答して第1の軟強磁性材料薄膜層97の磁化が回転することにより、感知手段107によって磁気信号を感知する。また、印加された磁気信号に応答して第1の軟強磁性材料薄膜層97の磁化が回転する際にMR素子コンダクタンスの変化を感知することによっても磁気信号を検出することができる。1987年11月8日に発行され、本出願人に譲渡された米国特許出願第4712144号に、印加磁界に反応してMR素子コンダクタンスの変化を検出する感知手段が詳細に記載されている。

【0030】図2、7、8、および9を参照して説明した好ましい実施例では、一般に、強磁性層を適切な強磁性材料から成る単一の層として説明した。別法として、図9に示したように、強磁性層97、101の一方または両方が、複数の層をもつ多層構造を備えることができる。この場合、個々の強磁性材料、または強磁性材料と非磁性材料を交互に積層して、所望の磁気特性および電気特性をもつ強磁性層97、101を構築することが可能である。たとえば、好ましい実施例では、第2の強磁性材料薄膜層101が、ナノ層と呼ばれる第1の比較的薄いCo層98と、第2の薄いNiFe層100を備えている。別の好ましい実施例では、第1の軟強磁性材料薄膜層97と第2の強磁性材料薄膜層101の両方が多層構造を備えている。第1の軟強磁性材料薄膜層97は、Coナノ層96およびNiFe層100を備えており、Coナノ層はCu非磁性金属材料薄膜層99に隣接して形成される。同様に、第2の軟強磁性材料薄膜層101は、Coナノ層98およびNiFe層100を備えており、Coナノ層はCu非磁性金属材料薄膜層99に隣接して形成される。Coナノ層96の厚さは、約0.

5 Åないし20 Åの範囲である。ナノ層付き強磁性層を備えたスピン・バルブMRセンサは、1991年8月26日に出願され、本出願人に譲渡された、参照により本明細書に合体された米国特許出願第07/750157号に詳細に記載されている。本発明を好ましい実施例に関して図示し、説明したが、本発明の趣旨、範囲、および教示から逸脱することなく、形式および詳細に様々な変更を加えられることが、当業者には理解されよう。したがって、本明細書で開示された本発明は、単に例示的なものとみなすべきであり、頭記の特許請求の範囲に明記された範囲によってのみ限定される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を実施した磁気ディスク記憶システムの簡略化したブロック図である。

【図2】本発明の磁気抵抗センサの原理を示した図である。

【図3】自由層の磁化が、図2に示した磁気抵抗センサの背部層の厚さの関数として平行から逆平行に変化するときの、面積コンダクタンスの変化を示すグラフである。

【図4】背部層のないスピン・バルブMRセンサで、様々な強磁性材料について、自由層の磁化が、自由層の厚さの関数として平行から逆平行に変化するときの、面積コンダクタンスの変化を示すグラフである。

【図5】図2に示した磁気抵抗センサにおいて、磁気抵抗係数を、銅背部層の背部層厚さの関数として示したグラフである。

【図6】図2に示した磁気抵抗センサにおいて、銅背部層の面積抵抗を背部層厚さの関数として示したグラフである。

【図7】本発明の磁気抵抗センサの一実施例の端面図である。

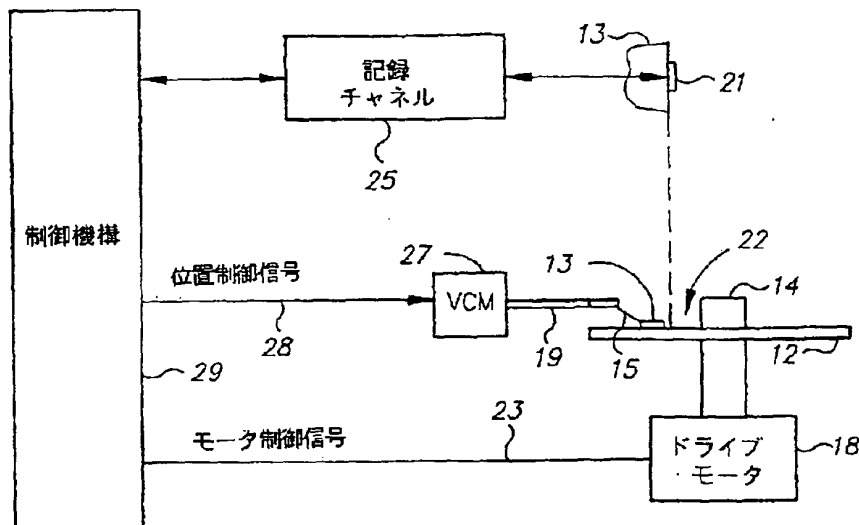
【図8】本発明の磁気抵抗センサの他の実施例の端面図である。

【図9】図2に示した磁気抵抗センサの好ましい実施例を示す概略図である。

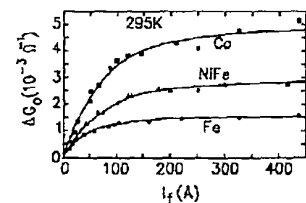
【符号の説明】

- 12 磁気ディスク
- 13 スライダ
- 14 スピンドル
- 15 サスペンション
- 18 ディスク・ドライブ・モータ
- 19 アクチュエータ・アーム
- 21 磁気読取り／書込みトランスデューサ
- 25 記録チャンネル
- 27 アクチュエータ手段
- 29 制御機構
- 30 MRスピン・バルブ・センサ
- 31 基板
- 33 非磁性または磁性導電材料薄膜層（背部層）
- 35 第1の軟強磁性材料薄膜層（フィルタ層）
- 37 非磁性金属材料薄膜層（スペーサ層）
- 39 第2の軟強磁性材料薄膜層（固定層）

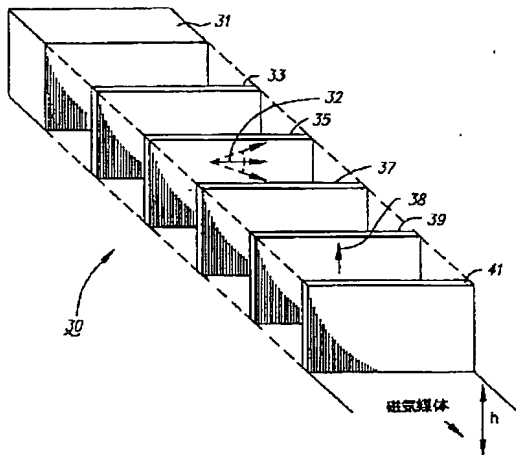
【図1】



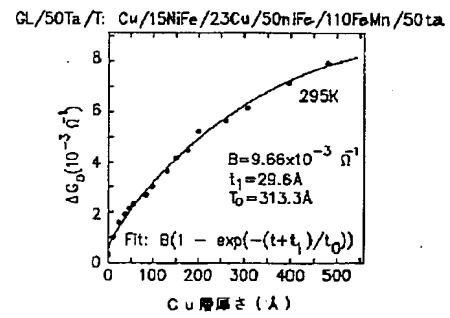
【図4】



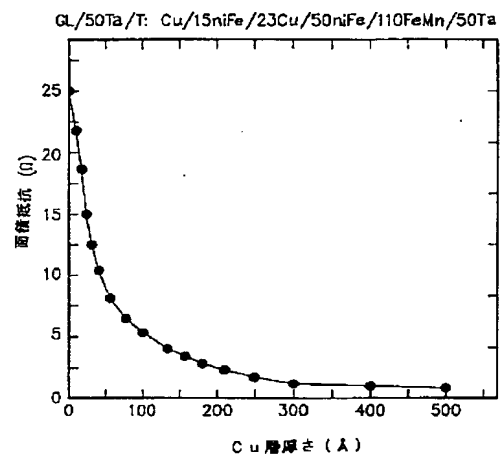
【図2】



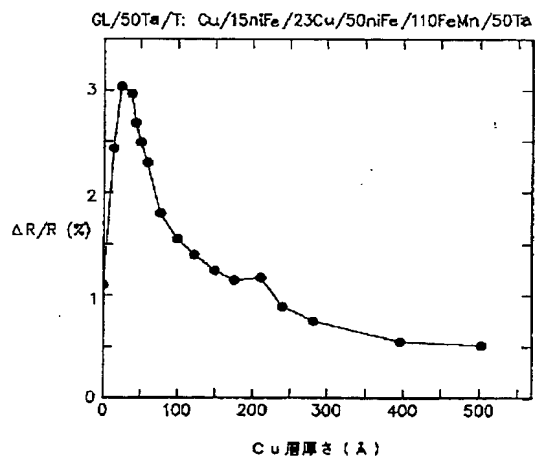
【図3】



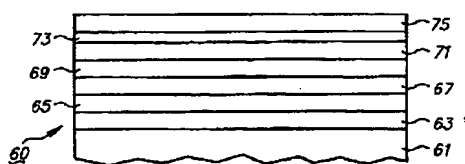
【図6】



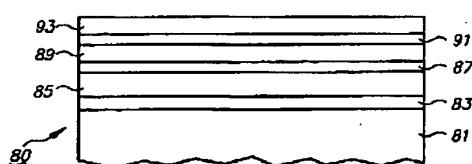
【図5】



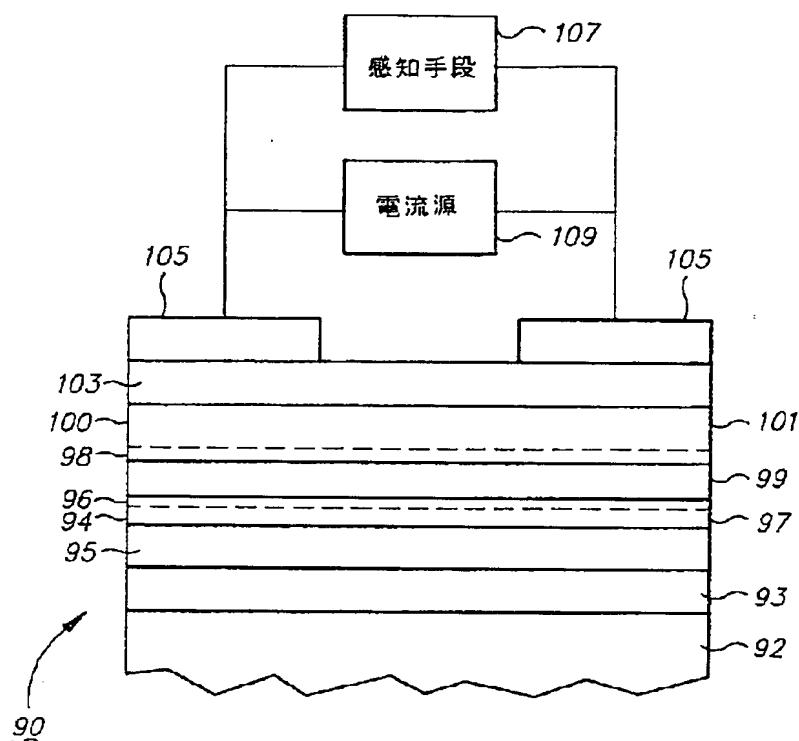
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 デーヴィッド・ユージン・ハイム
アメリカ合衆国94062、カリフォルニア州
レッドウッド・シティ、グラント・スト
リート 502

(72)発明者 ハラランボス・レファキス
アメリカ合衆国95126、カリフォルニア州
サンノゼ、パーシング・アベニュー 737

(72)発明者 オマル・ユー・ニード・ザサード
アメリカ合衆国95125、カリフォルニア州
サンノゼ、ミルポンド・ドライブ 325

(72)発明者 ヴァージル・サイモン・スベリオス
アメリカ合衆国95119、カリフォルニア州
サンノゼ、セント・ジュリー・ドライブ
351

(72)発明者 デニス・リチャード・ウィルホイト
アメリカ合衆国95037、カリフォルニア州
モーガン・ヒル、スプリング・ヒル・ドラ
イブ 575

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-236527

(43)Date of publication of application : 23.08.1994

1)Int.Cl. G11B 5/39
G01R 33/06
H01F 10/30
H01L 43/08

(1)Application number : 06-002326

(71)Applicant : INTERNATL BUSINESS MACH CORP <IBM>

(2)Date of filing : 14.01.1994

(72)Inventor : GURNEY BRUCE A
HEIM DAVID E
LEFAKIS HARALAMBOS
NEED III OMAR U
SPERIOSU VIRGIL S
WILHOIT DENNIS R

(10)Priority

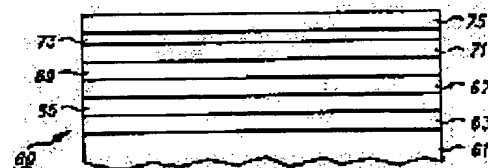
Priority number : 93 14981 Priority date : 08.02.1993 Priority country : US

(4) MAGNETORESISTIVE SENSOR HAVING NON-MAGNETIC BACK LAYER

(7)Abstract:

PURPOSE: To change a magnetizing direction between adjacent magnetic layers by constituting a spin valve effect magnetoresistive read head transducer of first and second ferromagnetic thin layers separated by a non-magnetic metallic thin layer, and backing at least the first thin layer by a non-magnetic conductive layer.

CONSTITUTION: An antiferromagnetic magnetic bias or a fixed layer is fixed at first, and then fixed ferromagnetic layer, non-magnetic spacer layer, free filter/back 2 layers are fixed in this order. That is, at the time of forming a reverse magnetic resistance spin valve sensor 60, an antiferromagnetic exchange bias layer 67, a first ferromagnetic layer 69, a non-magnetic metallic spacer layer 71, a second ferromagnetic layer 73 and a non-magnetic conductive back layer 76 are formed on a buffer layer 63 provided on a proper substrate 61. When there is no impressed magnetic field, the magnetizing direction of the layer 69 is fixed to a preferred direction vertical to the magnetizing direction of the layer 73, and when the magnetic field is applied, an angle between the magnetizing directions of the adjacent magnetic layers is changed as a cosine.



LEGAL STATUS

Date of request for examination] 14.01.1994

Date of sending the examiner's decision of rejection]

Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted to registration]

ate of final disposal for application]

atent number]

2744883

ate of registration]

06.02.1998

umber of appeal against examiner's decision of
jection]

ate of requesting appeal against examiner's decision
rejection]

ate of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

**** shows the word which can not be translated.

In the drawings, any words are not translated.

LAIMS

Claim(s)]

Claim 1] The magnetic-reluctance sensor characterized by providing the following. The magnetization directions of the 1st ferromagnetic material layer are [as opposed to / the magnetization direction of the 2nd ferromagnetic material layer / when it is separated by the non-magnetic material spacer layer and an impression magnetic field is zero] the 1st and 2nd almost perpendicular ferromagnetic material layers. The nonmagnetic electrical-conducting-material regions-of-back layer which adjoins the ferromagnetic layer of the above 1st and contacts this. A means to maintain magnetization of the ferromagnetic layer of the above 2nd towards desired.

Claim 2] The magnetic-reluctance sensor according to claim 1 characterized by equipping the aforementioned means with the antiferromagnetism material exchange bias layer which offers the bias magnetic field for adjoining the ferromagnetic layer of the above 2nd, contacting this, and maintaining the magnetization in the ferromagnetic layer of the above 2nd towards desired in the ferromagnetic layer of the above 2nd.

Claim 3] The magnetic-reluctance sensor according to claim 2 characterized by the aforementioned antiferromagnetism layer consisting of material chosen from the group which consists of iron manganese and nickel manganese.

Claim 4] The magnetic-reluctance sensor according to claim 3 by which the aforementioned antiferromagnetism layer is characterized by consisting of alloys of iron manganese.

Claim 5] The magnetic-reluctance sensor according to claim 2 characterized by the aforementioned antiferromagnetism layer thickness being within the limits of about 50Å or about 150Å.

Claim 6] The magnetic-reluctance sensor according to claim 1 by which the minimum thickness of the aforementioned nonmagnetic regions-of-back layer is characterized by being about 4Å.

Claim 7] The magnetic-reluctance sensor according to claim 6 by which the maximum thickness of the aforementioned nonmagnetic regions-of-back layer is characterized by being about 3 times the mean free path length of the conduction electron in the aforementioned nonmagnetic regions-of-back layer material.

Claim 8] The magnetic-reluctance sensor according to claim 6 by which the aforementioned nonmagnetic regions-of-back layer thickness is characterized by being within the limits of about 4Å or about 1000Å.

Claim 9] The magnetic-reluctance sensor according to claim 6 by which the aforementioned nonmagnetic regions-of-back layer thickness is characterized by being within the limits of about 4Å or about 60Å.

Claim 10] The magnetic-reluctance sensor according to claim 1 by which the above 1st and 2nd ferromagnetic layer thickness are characterized by being within the limits of about 5Å or about 150Å.

Claim 11] The magnetic-reluctance sensor according to claim 10 by which ferromagnetic layer thickness of the above 1st is characterized by being within the limits of about 5Å or about 30Å.

Claim 12] The magnetic-reluctance sensor according to claim 1 by which the aforementioned nonmagnetic spacer layer thickness is characterized by being under the mean free path length of the conduction electron in the aforementioned nonmagnetic spacer material.

Claim 13] The magnetic-reluctance sensor according to claim 12 by which the aforementioned nonmagnetic spacer layer thickness is characterized by being within the limits of about 10Å or about 40Å.

Claim 14] The magnetic-reluctance sensor according to claim 1 characterized by the aforementioned nonmagnetic spacer layer consisting of silver, gold, copper, and material chosen as the row from the group which consists of the alloy of silver, copper, and gold.

Claim 15] The magnetic-reluctance sensor according to claim 14 by which the aforementioned nonmagnetic spacer layer is characterized by having a copper thin film layer.

Claim 16] The magnetic-reluctance sensor according to claim 1 characterized by the aforementioned nonmagnetic regions-of-back layer consisting of material chosen from the group which consists of silver, gold, and copper.

Claim 17] The magnetic-reluctance sensor according to claim 16 by which the aforementioned nonmagnetic regions-of-back layer is characterized by having a copper thin film layer.

Claim 18] The magnetic-reluctance sensor according to claim 1 characterized by equipping either [at least] the above 1st or the 2nd ferromagnetic layer with multilayer structure.

Claim 19] The magnetic-reluctance sensor according to claim 18 characterized by equipping the aforementioned multilayer structure with 1st at least one ferromagnetic material layer and 2nd at least one ferromagnetic material layer by which the laminating was carried out by turns.

Claim 20] The magnetic-reluctance sensor according to claim 18 characterized by equipping the ferromagnetic layer of the above 1st with the thin cobalt layer which adjoined the aforementioned nonmagnetic spacer layer and was formed, and a thin ferronickel layer.

Claim 21] The magnetic-reluctance sensor according to claim 18 by which the above 1st and the 2nd ferromagnetic layer are characterized by having the thin cobalt layer which adjoined the aforementioned nonmagnetic spacer layer and was formed, and a thin ferronickel layer, respectively.

Claim 22] the above -- the magnetic-reluctance sensor according to claim 21 characterized by thin cobalt layer thickness being the thickness chosen from the range of about 0.5A or about 20A

Claim 23] The magnetic-reluctance sensor according to claim 1 characterized by the aforementioned nonmagnetic regions-of-back layer and the aforementioned nonmagnetic spacer layer containing the same material.

Claim 24] The magnetic-reluctance sensor according to claim 1 characterized by including the material from which the aforementioned nonmagnetic regions-of-back layer and the aforementioned nonmagnetic spacer layer differ.

Claim 25] The magnetic storage system characterized by providing the following. A magnetic storage medium with two or more tracks for recording data. During relative motion between the aforementioned magnetic transducer and the aforementioned magnetic storage medium It has the magnetic transducer maintained from the aforementioned storage at the position of a near interval. When the aforementioned magnetic-reluctance sensor is separated for the aforementioned magnetic transducer by the non-magnetic material spacer layer including the magnetic-reluctance sensor and an impression magnetic field is zero, The magnetization directions of the 1st ferromagnetic material layer are the 1st and 2nd almost perpendicular ferromagnetic material layers to the magnetization direction of the 2nd ferromagnetic material layer. The nonmagnetic electrical-conducting-material regions-of-back layer which adjoins the ferromagnetic layer of the above 1st and contacts this. A detection means is combined with a bias means maintain magnetization of the ferromagnetic layer of the above 2nd towards desired, an actuator means is combined with the aforementioned magnetic transducer and move the aforementioned magnetic transducer to the track with which it was chosen on the aforementioned storage, and the aforementioned magnetic-reluctance sensor, answers the magnetic field showing the data bit recorded on the aforementioned magnetic medium, and detect resistance change of the aforementioned magnetic-reluctance sensor.

Claim 26] The magnetic storage system according to claim 25 characterized by equipping the aforementioned bias means with the antiferromagnetism material exchange bias layer which offers the bias magnetic field for adjoining the ferromagnetic layer of the above 2nd, contacting this, and maintaining magnetization of the ferromagnetic layer of the above 2nd towards desired in the ferromagnetic layer of the above 2nd.

Claim 27] The magnetic storage system according to claim 26 characterized by the aforementioned antiferromagnetism layer consisting of material chosen from the group which consists of iron manganese and nickel manganese.

Claim 28] The magnetic storage system according to claim 25 which it adheres to the aforementioned magnetic-reluctance sensor on the capping layer to which it adhered on the aforementioned antiferromagnetism layer further, and the aforementioned capping layer, and is characterized by having an electric lead-wire means to combine the aforementioned magnetic-reluctance sensor with the aforementioned detection means.

Claim 29] The magnetic storage system according to claim 28 characterized by equipping the aforementioned capping layer with the material chosen from the group which consists of a tantalum and a zirconium.

Claim 30] The magnetic storage system according to claim 26 characterized by the aforementioned nonmagnetic spacer layer consisting of silver, gold, copper, and material chosen as the row from the group which consists of the alloy of silver, copper, and gold.

Claim 31] The magnetic storage system according to claim 30 by which the aforementioned nonmagnetic spacer layer is characterized by having a copper thin film layer.

Claim 32] The magnetic storage system according to claim 25 characterized by the aforementioned nonmagnetic regions-of-back layer consisting of material chosen from the group which consists of silver, gold, and copper.

Claim 33] The magnetic storage system according to claim 32 by which the aforementioned nonmagnetic regions-of-back layer is characterized by having a copper thin film layer.

Claim 34] The magnetic-reluctance sensor characterized by having the nonmagnetic electrical-conducting-material regions-of-back layer which it is separated by the non-magnetic material spacer layer, the magnetization direction of the 1st ferromagnetic material layer adjoins the 1st and 2nd almost perpendicular ferromagnetic material layers and the ferromagnetic material layer of the above 1st to the magnetization direction of the 2nd ferromagnetic material layer when an impression magnetic field is zero, and contacts this.

Claim 35] The magnetic-reluctance sensor according to claim 34 by which the maximum thickness of the aforementioned nonmagnetic regions-of-back layer is characterized by being about 4A.

Claim 36] The magnetic-reluctance sensor according to claim 34 characterized by the aforementioned nonmagnetic regions-of-back layer consisting of material chosen from the group which consists of silver, gold, and copper.

Claim 37] The magnetic-reluctance sensor characterized by providing the following. The 1st and the 2nd ferromagnetic layer which were separated by the non-magnetic material spacer layer. The 1st nonmagnetic electrical-conducting-material regions-of-back layer which adjoins the ferromagnetic layer of the above 1st arranged between itself and the aforementioned spacer layer, and contacts this. The 2nd nonmagnetic electrical-conducting-material regions-of-back layer which adjoins the ferromagnetic layer of the above 2nd arranged between itself and the aforementioned spacer layer, and contacts this.

Claim 38] The magnetic-reluctance sensor according to claim 37 by which the minimum thickness of the above 1st and the 2nd nonmagnetic regions-of-back layer is characterized by being about 4A.

Claim 39] The magnetic-reluctance sensor according to claim 38 by which the maximum thickness of the above 1st and the 2nd nonmagnetic regions-of-back layer is characterized by being about 3 times the mean free path length of the conduction electron in the aforementioned nonmagnetic regions-of-back layer material.

Claim 40] The magnetic-reluctance sensor according to claim 38 by which the above 1st and 2nd nonmagnetic regions-of-back layer thickness are characterized by being within the limits of about 4A or about 1000A.

Claim 41] The magnetic-reluctance sensor according to claim 38 by which the above 1st and 2nd nonmagnetic regions-of-back layer thickness are characterized by being within the limits of about 4A or about 60A.

Claim 42] The magnetic-reluctance sensor according to claim 37 by which the above 1st and 2nd ferromagnetic layer thickness are characterized by being within the limits of about 5A or about 30A.

Claim 43] The magnetic-reluctance sensor according to claim 37 by which the aforementioned nonmagnetic spacer layer thickness is characterized by being under the mean free path length of the conduction electron in the aforementioned nonmagnetic spacer material.

Claim 44] The aforementioned nonmagnetic spacer layer thickness is about 10. Or about 40 Magnetic-reluctance sensor according to claim 43 characterized by being within the limits.

Claim 45] The magnetic-reluctance sensor according to claim 37 characterized by the aforementioned nonmagnetic spacer layer consisting of silver, gold, copper, and material chosen as the row from the group which consists of the alloy of silver, copper, and gold.

Claim 46] The magnetic-reluctance sensor according to claim 37 characterized by the above 1st and the 2nd nonmagnetic regions-of-back layer consisting of material chosen from the group which consists of silver, gold, and copper.

Claim 47] The magnetic-reluctance sensor according to claim 46 by which the above 1st and the 2nd nonmagnetic regions-of-back layer are characterized by having a copper thin film layer, respectively.

NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

.**** shows the word which can not be translated.

.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

Detailed Description of the Invention]

0001]

Industrial Application] this invention relates to the magnetic-reluctance read transducer containing the regions-of-back layer to which the magnetic-reluctance element which senses the impressed magnetic field in detail changes from a nonmagnetic electrical conducting material based on the spin bulb effect about the magnetic transducer which reads the information signal memorized by the magnetic medium as a whole.

0002] In order to read data in a magnetic storage medium by high linear density, the method of using the magnetic read transducer called a magnetic-reluctance (MR) sensor or head is well learned for the Prior art. MR sensor is effected as the strength of the magnetic flux a read element senses the read and according to resistance change of element magnetic field signal manufactured by the magnetic adjuster to be it, and a function of a direction. MR sensor of these Prior arts changes as square [of the cosine of the angle between the directions of sensing current where the component of read element resistance passes this read element with magnetization] (\cos^2) -- it operates based on the anisotropy magnetic-reluctance (AMR) effect the paper whose detail of the AMR effect is D.A. Thompson et al. (Thompson) -- it is indicated by "Memory, Storage, and Related Applications", IEEE Trans.Mag.MAG-11, and 1039 pages (1975)

0003] Recently, the magnetic reluctance by the spin dependence scattering effect of the conduction electron in the magnetic multilayer structure of the form of $n(F/NM)$ (F is a ferromagnetic metal and NM is a non-ferromagnetism metal) which clarified [rather than] unlike the former is observed. this effect is discovered by various system Naka, such as Fe/Cr and Co/Cu which show strong antiferromagnetism distributor shaft coupling of a ferromagnetic layer and y which sputtering was carried out or an Co/Ru multilayer, and stratification to which distributor shaft coupling of the magnetization direction in one strong magnetic layer is not carried out in essence [the form of $F/NM/F$ fixed by the exchange anisotropy] The physical fountainhead of magnetic reluctance is the same with both of the structures of a ind. That is, impression of a magnetic field changes the relative direction of magnetization of the adjoining ferromagnetic layer. Resistance of structure changes, when the alignment of magnetization changes to parallel shell antiparallel. This mechanism generates the magnetic reluctance which in the case of a specific combination of material becomes larger than AMR and is called "spin bulb" magnetic reluctance (SVMR) or huge magnetic reluctance (GMR). 0004] U.S. Pat. No. 4949039 has indicated the stratification magnetic structure which brings about the MR effect improved according to the antiparallel alignment of the magnetization in a magnetic layer. In the above-mentioned patent, as a material which can be used by stratification, although ferromagnetic transition metals and the alloy are mentioned, a desirable material is not specified by the outstanding list for MR signal amplitudes. The above-mentioned patent used antiferromagnetism die-change distributor shaft coupling further, and the adjoining ferromagnetic material layer has indicated how to acquire the antiparallel alignment separated by the thin nonmagnetic interlayer of chromium (Cr) and an yttrium (Y).

0005] Resistance between two non-distributor-shaft-coupling ferromagnetism layers changes as a cosine of the angle between magnetization of two layers, and the U.S. patent application 07th / No. 625343 are indicating MR sensor independent of the direction of the current which passes a sensor. This structure generates the magnetic reluctance which becomes larger than AMR depending on a specific combination of material based on the spin bulb effect.

0006] U.S. Pat. No. 5159513 is indicating MR sensor by which one [at least] ferromagnetic layer consists of cobalt or a cobalt alloy including two ferromagnetic material thin film layers separated by the thin film layer of a non-MAG metallic material based on the above-mentioned spin bulb effect. Magnetization of one ferromagnetic layer is perpendicularly maintained to magnetization of the ferromagnetic layer of another side by exchange distributor shaft coupling with an antiferromagnetism layer, when an external impression magnetic field is zero.

0007] In order to fill the demand to the data-storage density of today's magnetic storage system which continues

Following, it is necessary to manufacture the magnetic-flux sensing element of an MR head in a still thinner ferromagnetic material layer. For example, MR coefficient falls also by the case of the SVMR or the GMR sensor also by the case of the ** type AMR sensor with newer MR sensor which uses about 15A super-***** sensing layer. 0008]

[Means for Solving the Problem] According to the principle of this invention, MR read sensor based on the spin bulb effect is equipped with the stratification containing the 1st and 2nd ferromagnetic material thin film layers separated by the thin film layer of non-magnetic metal material formed on the suitable substrate. The 1st ferromagnetic material layer at least is backed by the nonmagnetic electrical-conducting-material layer. When an external impression magnetic field is zero, the magnetization direction of the 1st ferromagnetic material layer is almost perpendicular to the magnetization direction of the 2nd ferromagnetic material layer. The direction is restrained or maintained by exchange distributor shaft coupling provided with the magnetization direction of the 2nd a little more than magnetic layer by the adjoining antiferromagnetism material layer which contacts this layer physically ("fixation"). The direction of the 1AG in the 1st ferromagnetic ("freedom") layer is freely rotated according to an external impression magnetic field. A current source provides MR sensor with sensing current, and MR sensor generates the voltage drop which is proportional to change of resistance of MR sensor by the rotation of magnetization in a free ferromagnetism material layer as a function of the impression external magnetic field sensed among the ends of a read element. The size of resistance change of a read element is the function of the cosine of change of the angle between the magnetization directions in a free layer and the magnetization directions of the fixed bed according to external impression magnetic fields, such as a magnetic field showing the data bit memorized by the magnetic medium.

0009] If drawing 1 is referred to, although this invention will be explained as what was carried out by the magnetic-disk storage system as shown in drawing 1, please care about that it is applicable also to other magnetic storage systems, such as a magnetic tape record system, and the magnetic random-access-memory system which a magnetic-fluctuance element commits as for example, a bit cell. The magnetic disk 12 in which at least one rotation is possible is supported on a spindle 14, and rotates by the disk drive motor 18. The magnetic-recording medium on each disk is this radial data track (not shown) of the form of an annular pattern on a magnetic disk 12.

0010] At least one slider 13 is positioned on a disk 12, and each slider 13 supports one or more magnetic read / write transducers 21. These transducers 21 are usually called read/write head. If a magnetic disk 12 rotates, a slider 13 approaches on the disk front face 22, or separates from this front face 22, and can approach each portion of the disk with which desired data are recorded in a head 21. Each slider 13 is attached in the actuator arm 19 by the suspension 15. A suspension 15 gives few spring force and this spring force carries out bias of the slider 13 to the disk front face 22. Each actuator arm 19 is attached in the actuator means 27. Let the actuator means shown in drawing 1 be a voice coil motor (VCM). VCM is equipped with the coil which can move within a fixed field system, and the direction and speed of coil movement are controlled by the motor current signal supplied by the control unit.

0011] During operation of a disk-memory system, pneumatic bearing is generated by rotation of a magnetic disk 12 between a slider 13 and the disk front face 22, and the upward force or upward lift is applied to a slider 13 by it. In this way, pneumatic bearing takes the balance with few spring force of a suspension 15, supports it in the position which separated the slider 13 from the disk front face 22 up slightly, and maintains few working intervals which carried out simultaneously regularly.

0012] Various components of a disk-memory system are controlled by control signals generated with a controlling mechanism 29, such as working, an access-control signal, and an internal clock signal. Usually, the controlling mechanism 29 is equipped with for example, the logic-control circuit, the storage means, the microprocessor, etc. A controlling mechanism 29 generates control signals, such as a head position control signal on the drive motor control signal and line 28 on a line 23, and a seeking control signal, and controls various system operation. The head position control signal and seeking control signal on a line 28 offer the current profile of the request for moving to an optimum and positioning the selected slider 13 to the data track of the request on the related magnetic disk 12. A read signal and write-in signal are transmitted between heads 21 by the record channel 25.

0013] The drawing of the typical aforementioned explanation about a magnetic-disk storage system and attached drawing 1 aims only at instantiation. Please care about that a disk-memory system can contain many disks and actuators, and each actuator can support many sliders.

0014] If drawing 2 is referred to, MR spin bulb sensor 30 by the principle of this invention is equipped with the suitable substrates 31, such as glass, a ceramic, and a semiconductor, and it adheres to nonmagnetic or the thin film layer 33 of a magnetic electrical conducting material, the thin film layer 35 of the 1st soft ferromagnetism material, the thin film layer 37 of non-magnetic metal material, and the thin film layer 39 of the 2nd ferromagnetic material on the substrate 31. The 1st soft ferromagnetism material thin film layer 35 is formed so that it may contact as physically as direct and this layer on nonmagnetic or the magnetic electrical-conducting-material thin film layer 33, and it forms a

layer. When there is an external impression magnetic field, as arrows 32 and 38 show, orientation of the magnetization of two ferromagnetic material layers 35 and 39 is mutually carried out to the angle of about 90 degrees. Moreover, the magnetization direction of the 2nd ferromagnetic material thin film layer 39 is fixed in the desirable direction shown by the arrow 38. Therefore, although the magnetization direction of the 2nd ferromagnetic material thin film layer 39 is being fixed, the 1st soft ferromagnetism material thin film layer 35 rotates a direction freely according to external impression magnetic fields (magnetic field h shown in drawing 2), as the dotted-line arrow on the 1st [of drawing 2] soft ferromagnetism material thin film layer 35 shows.

0015] The thin film layer 41 of exchange bias material with comparatively high electric resistance is adhered so that it may contact the 2nd ferromagnetic material thin film layer 39 and directly, and a bias magnetic field is offered by exchange distributor shaft coupling. In the desirable example, the exchange bias material thin film layer 41 is equipped with a suitable antiferromagnetism material with desirable their being for example, iron manganese (FeMn) and nickel manganese (NiMn). Moreover, a ** bias layer (not shown) can be used for the 2nd ferromagnetic material thin film layer 39 (fixed bed), or it can fix it by other suitable methods of common knowledge by this technical field.

0016] MR sensor based on the spin bulb effect that a sensor read element is equipped with ferromagnetism / nonmagnetic / ferromagnetic stratification is indicated in detail by the U.S. patent application 07th which coalesces in this specification by reference and which was referred to previously / No. 625343. The spin bulb MR structure indicated by this patent is equipped with two ferromagnetic conductive layers separated by the non-magnetic metal (electric conduction) spacer layer. One ferromagnetic layer is maintained by the single magnetic-domain state where the direction was fixed by the exchange anisotropy with the adjoining antiferromagnetism layer. Magnetization of the ferromagnetic layer (free layer) of another side rotates a direction according to an impression magnetic field. Magnetic reluctance is observed by impressing sufficient magnetic field changing the magnetization direction of a free layer to the fixed bed. In this invention, the two-layer structure is used instead of the ferromagnetic layer equipped with this free layer. Back [the back of the 1st soft ferromagnetism material thin film layer 35 or back] which is the 1st soft ferromagnetism material thin film layer 35 (it is called a "filter layer") with the comparatively thin layer which adjoins the non-magnetic metal material thin film layer 37 (it is called a "spacer layer"), nonmagnetic or the magnetic electric conduction thin film layer 33 (it is called a "regions-of-back layer") is.

0017] GMR observed by the magnetic material is based on the difference of the mean free path ($\lambda +$) of conduction electron which mainly has spin parallel to the magnetization direction of a magnetic material, and the mean free path ($\lambda -$) with parallel spin contrary to the magnetization direction of a magnetic material of conduction electron. The thickness of the 1st soft ferromagnetism material thin film layer [in / the free layers 33 and 35 / at this invention] 35 is large, and more sharply / than $\lambda +$ / smaller than $\lambda -$. therefore, the conduction electron (minority carrier) with antiparallel spin is effectively blocked by the 1st soft ferromagnetism material thin film layer 35 that is, filter out is carried out -- having), and the 1st soft ferromagnetism material thin film layer 35 essentially has ** transparent [conduction electron] to conduction electron (majority carrier) with a parallel spin. The majority carrier (as opposed to the magnetization direction of the 2nd ferromagnetic material thin film layer 39) and minority carrier which are generated in the 2nd ferromagnetic material thin film layer 39 are a carrier which moves toward the 1st soft ferromagnetism material thin film layer 35. Since these carriers can be individually scattered about when the free layer 33 and 35 magnetization rotate, they bring about GMR. Although the conduction electron which contributes to GMR moves to the 2nd ferromagnetic material thin film layer 31 from the 1st soft ferromagnetism material thin film layer 35 in opposite direction, since it will move in the same direction if it is averaged, it omits explanation. Since similarly there is a minority carrier which occurs in the same position and has the same momentum to all the majority carriers generated in the non-magnetic metal material thin film layer 37, even if magnetization of the free layers 33 and 35 rotates, the sum of a mean free path does not change.

0018] Not resistance but change of conductance (ΔG) can explain GMR observed with the structure of this invention. This is because it turns out that ΔG is the measurable amount of macro relevant to the spin bulb MR fundamentally.

0019] if the conduction electron which is emitted to the non-magnetic metal material thin film layer 37 from the 2nd ferromagnetic material thin film layer 39, namely, is scattered about is considered -- dispersion -- dispersion between layers -- be -- bulk dispersion -- be -- the minority carrier scattered about near between the 2nd ferromagnetic material thin film layer 39 and non-magnetic metal material thin film layers means the number of the minority carriers which cross the non-magnetic metal material thin film layer 37. The distance which a minority carrier moves before the following dispersion event is farther [than the case of a majority carrier] short. Thus, if it thinks, it can be considered that the 2nd ferromagnetic material thin film layer 39 is the source of supply of the spin polarization conduction electron of the remaining spin bulb structure. Generally, from the mean free path of the electron in spacer layer material, the carrier generated in the 2nd ferromagnetic material thin film layer 39 moves in the inside of the non-

magnetic metal material thin film layer 37 with far small thickness, and enters into the 1st soft ferromagnetism material thin film layer 35. The majority carrier included in the 1st soft ferromagnetism material thin film layer 35 is conducted through the 1st soft ferromagnetism material thin film layer 35 in nonmagnetic or the magnetic electrical-conducting-material thin film layer 33, and only the additional mean free path (λb^+) determined with regions-of-back layer material on the average moves it in this layer 33. However, before minority carriers are scattered about, only a merely short distance penetrates the 1st soft ferromagnetism material thin film layer 35. Therefore, to majority carrier spin, when using the electrical conducting material which has comparatively high resistance (namely, long mean free path) or nonmagnetic or the magnetic electrical-conducting-material thin film layer 33, when parallel, the value of majority carrier conductance becomes [magnetization of the 1st soft ferromagnetism material thin film layer 35] large. Magnetization of nonmagnetic or the magnetic electrical-conducting-material thin film layer 33, and the 1st soft ferromagnetism material thin film layer 35 -- rotating (antiparallel) -- as a result of scattering about minority carriers in the 1st soft ferromagnetism material thin film layer 35, the effective mean free path (namely, conductance) of these conduction electron decreases rapidly

0020] When drawing 3, and 4, 5 and 6 are referred to, here drawing 3 Adhered on 50A Ta/tCuCu/15A NiFe/23A Cu/50A NiFe/110A FeMn / glass substrate with 50A of Ta structures. The relation of the thickness of change (ΔG) almost equal to $\Delta R/R^2$) and the opposite nonmagnetic of conductance, or the magnetic electrical-conducting-material thin film layer 33 is shown. [of the specific example of the spin bulb structure shown in drawing 2] The first Ta layer is a buffer layer and the last Ta layer is a protective cap. (tCu Cu/15A NiFe) is equipped with the free layers 33 and 35 with nonmagnetic or the magnetic electrical-conducting-material thin film layer 33 which consists of Cu, and the 1st soft ferromagnetism material thin film layer 35 which consists of NiFe. The MnFe layer offered antiferromagnetism exchange distributor shaft coupling, and is equipped with the exchange bias material thin film layer 41 which fixes magnetization of the 2nd ferromagnetic material thin film layer 39. As shown in drawing 3, it increases as the regions-of-back layer thickness tCu of ΔG increases. This is the same even when regions-of-back layer material is nonmagnetic. Drawing 4 does not have a nonmagnetic regions-of-back layer behind the free layer to which it adhered on the glass substrate, and the relation of the ΔG and the ferromagnetic layer thickness (free layer) of the conventional spin bulb structure are related of structure (tF F/22A Cu/50A NiFe/90A FeMn) is shown. However, this Fe layer with different thickness, a NiFe layer, or Co layer. If 4 is compared with drawing 3 and a nonmagnetic regions-of-back layer will be used behind a free layer, it is clear that sharply bigger ΔG than ΔG obtained by which of three ferromagnetic material without a regions-of-back layer is offered. Drawing 5 shows the relation of the magnetic reluctance ($\Delta R/R$) and the regions-of-back layer thickness tCu of spin bulb structure used for the measurement shown in drawing 3. In tCu=0, it is $\Delta R/R=1.1\%$, $\Delta R/R$ increases rapidly as tCu increases, and when it is tCu=25A, 3% of peak is reached. If thickness increases, $\Delta R/R$ will decrease conversely. Drawing 6 shows the sheet resistivity R and tCu of the same structure. Sheet resistivity changes to 2.5 ohm/sq from 250 ohm/sq, when tCu increases to 150A from 0A.

0021] Next, if drawing 7 is referred to, the spin bulb structure 30 shown in drawing 2 can adhere in a reverse order. That is, antiferromagnetism magnetism bias or the fixed bed is adhered first, and, next, a fixed ferromagnetism layer, a nonmagnetic spacer layer, and a free filter / regions-of-back bilayer are adhered in this sequence. The desirable example of the reverse MR spin bulb sensor 60 by this invention is equipped with the antiferromagnetism material exchange bias layer 67 to which it adhered on the buffer layer 63 on the suitable substrate 61, the 1st ferromagnetic layer 69, the non-magnetic metal spacer layer 71, the 2nd ferromagnetic layer 73, and the nonmagnetic electrical-conducting-material regions-of-back layer 75. By this technical field, as everyone knows, if protection capping layers (not shown) of high electrical resistance materials, such as Ta, are prepared on the nonmagnetic electrical-conducting-material regions-of-back layer 75, oxidization of future processing stages and the structure under operation can be suppressed to the minimum, or can be prevented. As drawing 2 was explained, when there is no impression magnetic field, the magnetization direction of the 1st ferromagnetic layer 69 is being fixed in the desirable direction perpendicular to the magnetization direction of the 2nd ferromagnetic layer 73. With the reverse MR spin bulb structure 60, the degree of the 1st ferromagnetic layer 69, the non-magnetic metal spacer layer 71, and the 2nd ferromagnetic layer 73 adheres to the nonmagnetic electrical-conducting-material regions-of-back layer 75. Therefore, the property of these layers is unrelated to the thickness of the material of the nonmagnetic electrical-conducting-material regions-of-back layer 75, and a kind. If needed, the seed layer 65 is adhered to the bottom of the antiferromagnetism material exchange bias layer 67, and antiferromagnetism material can have desired structure.

0022] In the specific desirable example, the reverse MR spin bulb sensor 60 has the Ta(50A)/NiFe(20A)/Fe60Mn40(80A)/nickel80Fe20(50A)/Cu(23A)/nickel80Fe20(20A)/Cu(20A)/Ta (30A) structure where it adhered on the suitable substrate. Here, 20A Cu layer forms the nonmagnetic electrical-conducting-material regions-of-back layer 75. 50ATa / 10ANiFe buffer / 63/65 layer of seeds grows up Fe60Mn40 material appropriately in an antiferromagnetism phase, and

they become a template for offering the exchange bias which fixes the magnetization direction of the 1st ferromagnetic layer 69. In this desirable example, the range of the thickness of a buffer layer 63 is about 30Å or 50Å. The range of the thickness of the seed layer 65 is about 20Å or 50Å. The range of the thickness of the antiferromagnetism material exchange bias layer 67 is about 80Å or 120Å. The range of the thickness of the 1st ferromagnetic layer 69 is about 30Å or 100Å. As mentioned above, although the range of the thickness of the non-magnetic metal spacer layer 71 is about 30Å or 40Å, it is desirable that it is smaller than the mean free path of the conduction electron in spacer layer material. The range of the thickness of the 2nd ferromagnetic layer 73 is about 5Å or 30Å. Partially, the thickness of the nonmagnetic electrical-conducting-material regions-of-back layer 75 is decided by which parameter is measured, in order to detect the impressed magnetic signal. When measuring change of resistance, i.e., $\Delta R/R$, the range of the thickness of the nonmagnetic electrical-conducting-material regions-of-back layer 75 is about 4Å or 50Å. Moreover, when measuring change of conductance, the range of the thickness of the nonmagnetic electrical-conducting-material regions-of-back layer 75 is about 4Å or 1000Å.

[0023] If drawing 8 is referred to, next, other desirable examples of MR spin bulb sensor by this invention For example, adhered on the buffer layer 83 on the suitable substrates 81, such as glass, a ceramic, and a semiconductor. It is as the 1st nonmagnetic electrical-conducting-material regions-of-back layer 85, the 1st soft ferromagnetism material thin film layer 87, the non-magnetic metal material thin film spacer layer 89, the 2nd soft ferromagnetism material thin film layer 91, and the 2nd nonmagnetic electrical-conducting-material regions-of-back layer 93. By this technical field, as everyone knows, if protection capping layers (not shown) of high electrical resistance materials, such as Ta, are prepared on the 2nd nonmagnetic electrical-conducting-material regions-of-back layer 93, oxidization of the structure in operation and future processing stages can be suppressed to the minimum, or can be prevented. If sensing current is impressed to the MR sensor 80, the magnetic field accompanying sensing current will provide each ferromagnetic layers 87 and 91 with a bias magnetic field, consequently orientation of the magnetization direction of each class will come to be carried out to an angle with the opposite sense with an equal size to a sensor easy axis. The magnetization direction answers freely the magnetic field which neither of the ferromagnetic layers 87 and 91 was fixed, therefore was impressed. The 1st regions-of-back layer and the 1st ferromagnetic layer form the 1st bilayer. Similarly, the 2nd regions-of-back layer and the 2nd ferromagnetic layer form the 2nd bilayer. If a magnetic signal is impressed, the magnetization direction of both bilayers, i.e., a free layer, will rotate only an angle with the opposite sense with an almost equal size to an easy axis, therefore will carry out double-precision change compared with the spin bulb structure where one ferromagnetic layer was fixed for the angle during magnetization of each class. It applies on November 17, 1992 and this kind of current bias MR spin bulb sensor is indicated by the U.S. patent application 07th of the simultaneous connection which was transferred to these people and which coalesced in this specification by reference / No. 977382.

[0024] Next, reference of drawing 9 shows other examples of MR spin bulb sensor shown in drawing 2. Before adhering the regions-of-back layer 95, the suitable lower layers 93, such as Ta, Ru, and CrV, are adhered to a substrate 2. The purpose of a lower layer 93 is optimizing the texture of future layers, grain size, and a gestalt. A gestalt may become important, when acquiring the big MR effect property of spin bulb structure. It is because this property enables to use the ultra-thin non-magnetic metal spacer layer 99 between two ferromagnetic layers 97 and 101. A lower layer 93 needs to have high resistance, in order to hold down an electric resistance shunt effect to minimum. A lower layer 93 is used also for the spin bulb structure where drawing 7 and 9 were explained again. If a substrate 92 is constituted from material with resistance high enough, a front face [flat surface enough], and the suitable crystal structure, a lower layer 93 is omissible.

[0025] On a lower layer 93, the nonmagnetic electrical-conducting-material regions-of-back layer 95 is adhered, and, next, the 1st soft ferromagnetism material thin film layer 97, the non-magnetic metal material thin film layer 99, the 2nd ferromagnetic material thin film layer 101, and the antiferromagnetism material layer 103 are adhered. When there is no impression magnetic field, the magnetization carries out [each other] orientation of the two ferromagnetic layers 97,101 to the angle of about 90 degrees. As mentioned above, a position is fixed by the bias magnetic field by which the magnetization direction of the 2nd ferromagnetic material thin film layer 101 is generated by exchange distributor shaft coupling. The nonmagnetic conduction material regions-of-back layer 95 and the 1st soft ferromagnetism material thin film layer 97 form the bilayer which magnetization rotates freely according to the impressed magnetic field.

[0026] The ferromagnetic layer 97,101 can be manufactured by suitable magnetic materials, such as Co, Fe, nickel, and those alloys like NiFe, NiCo, and FeCo. The thickness of the 2nd ferromagnetic material thin film layer 101 can be chosen from the range of about 20Å or about 150Å. The antiferromagnetism material layer 103 can be constituted from suitable antiferromagnetism material, such as NiMn and FeMn, and it is [the thickness] desirable to choose from the angle of about 50Å or about 150Å. Moreover, a hard magnetism bias layer can be used for the magnetization direction

of the 2nd ferromagnetic material thin film layer 101, it can use a high coercive force magnetic material for the fixed end, or can fix it by other suitable methods of common knowledge by this technical field.

[027] As for the 1st soft ferromagnetism material thin film layer 97 which functions as a filter layer, it is desirable to constitute from suitable NiFe or a Co alloy, and the thickness is chosen from the range of about 5Å or about 30Å. The thickness of the 1st soft ferromagnetism material thin film layer 97 is decided mainly by the function in a filter / regions-of-back bilayer 95 / 97. Since it is carrying out block or filter out of the minority carrier, a glance target of the 1st soft ferromagnetism material thin film layer 97 needs to make the minimum thickness larger than the mean free path of the transmission electron which has reverse parallel spin in the magnetization direction of a minority carrier, i.e., a filter layer. For example, the λ of nickel80Fe20 is less than about 7Å. Similarly, since another function of a filter layer is conducting a majority carrier in the nonmagnetic electrical-conducting-material regions-of-back layer 95 through this layer, it is necessary to make the maximum thickness smaller than the mean free path with spin parallel to the magnetization direction of a majority carrier, i.e., a filter layer, of conduction electron. For example, λ [of nickel80Fe20] + It is about $50 \times 4\text{Å}$. The nonmagnetic electrical-conducting-material regions-of-back layer 95 can consist of suitable nonmagnetic electrical conducting materials. As for this material, it is desirable that it is a metal with comparatively high conductivity (namely, low resistance). For example, noble metals, such as Au, Ag, and Cu, give a big response. The thickness of the nonmagnetic electrical-conducting-material regions-of-back layer 95 is determined by optimizing the response of a sensor according to the sensing method to be used, i.e., the parameter to measure, ΔR , $\Delta R/R$, or ΔG . For example, the size of ΔG increases rapidly with regions-of-back layer thickness, is the maximum and becomes one 3 times the thickness [the double precision of the mean free path length of the conduction electron in regions-of-back layer material or] of this. On the other hand, the response at the time of measuring ΔR or $\Delta R/R$ is the function of the peak of regions-of-back layer thickness. In the desirable example, ΔR or $\Delta R/R$ is sensed and regions-of-back layer thickness is chosen from the range of about 4Å or 60Å. When sensing ΔG , regions-of-back layer thickness is chosen from the range of about 4Å or about 1000Å.

[028] As for the non-magnetic metal material thin film layer 99, it is desirable that it is the metal of high conductivity. Although noble metals, such as Au, Ag, and Cu, offer big MR response and Pt and Pd offer small MR response, Cr and a show very small MR response. Although the thickness of the non-magnetic metal material thin film layer 99 is sufficient size to carry out the decoupling of the two ferromagnetic layers 97,101 magnetically enough, it is sufficient thinness to become shorter than the mean free path length of the conduction electron of spacer layer material. As for the thickness of the non-magnetic metal material thin film layer 99, it is desirable that it is within the limits of about 10Å or about 40Å. Although the nonmagnetic electrical-conducting-material regions-of-back layer 95 and the non-magnetic metal material thin film layer 99 consist of non-magnetic metal material of high conductivity, a regions-of-back layer and a spacer layer do not need to consist of same material. Use of the same material as a regions-of-back layer and a spacer layer, for example, Cu, mitigates the complexity of the manufacturing process which manufactures a sensor. Moreover, use of material which is different in a regions-of-back layer and a spacer layer increases flexibility with it being the optimal in a sensor for obtaining the electrical property and magnetic properties of ***** again.

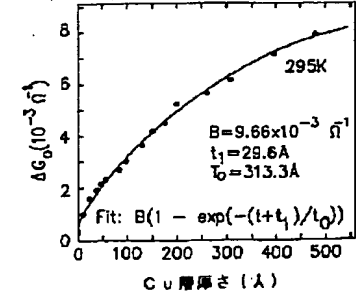
[029] Next, the capping layer 105 which consists of high electrical resistance materials, such as Ta and Zr, is adhered on MR sensor. The electric lead wire 105 is used and the circuit path between MR sensor, a current source 109, and the sensing means 107 is formed. In order to offer optimal MR sensor response circuit as everyone knows by this technical field, additional sensor elements, such as a horizontal bias layer and a vertical bias layer (not shown), may be needed. In the desirable example, in case the impressed magnetic signal is answered and magnetization of the 1st soft ferromagnetism material thin film layer 97 rotates, a magnetic signal is sensed by the sensing means 107 by detecting resistance of MR element, i.e., change of ΔR . Moreover, in case the impressed magnetic signal is answered and magnetization of the 1st soft ferromagnetism material thin film layer 97 rotates, a magnetic signal can be detected also by sensing change of MR element conductance. It is published on November 8, 1987 and a sensing means to answer an impression magnetic field and to detect change of MR element conductance to the U.S. patent application No. 4712144 transferred to these people is indicated in detail.

[0030] Generally drawing 2 and the desirable example explained with reference to 7, 8, and 9 explained the ferromagnetic layer as a single layer which consists of a suitable ferromagnetic material. As an exception method, as shown in drawing 9, both both [ferromagnetic / ferromagnetic one side or] 97,101 can be equipped with multilayer structure with two or more layers. In this case, it is possible to carry out the laminating of each ferromagnetic material or ferromagnetic material, and non-magnetic material by turns, and to build the ferromagnetic layer 97,101 with desired magnetic properties and a desired electrical property. For example, in the desirable example, the 2nd ferromagnetic material thin film layer 101 is equipped with the 1st comparatively thin Co layer 98 called nano layer and the 2nd thin NiFe layer 100. In the another desirable example, both the 1st soft ferromagnetism material thin film layer 97 and the 2nd ferromagnetic material thin film layer 101 are equipped with multilayer structure. The 1st soft

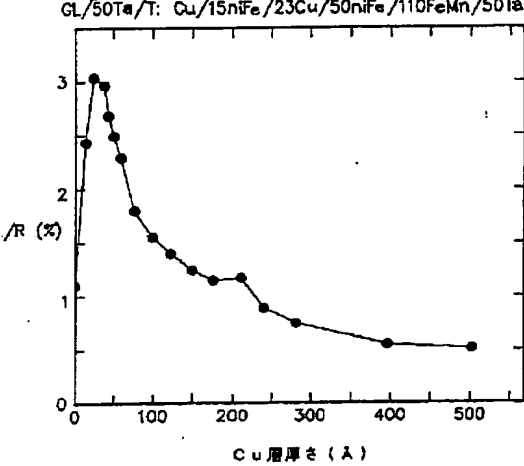
ferromagnetism material thin film layer 97 is equipped with the Co nano layer 96 and the NiFe layer 100, and Co nano layer adjoins Cu non-magnetic metal material thin film layer 99, and is formed. Similarly, the 2nd soft ferromagnetism material thin film layer 101 is equipped with the Co nano layer 98 and the NiFe layer 100, and Co nano layer adjoins Cu non-magnetic metal material thin film layer 99, and is formed. The range of the thickness of the Co nano layer 96 is about 0.5A or 20A. It applies on August 26, 1991 and the spin bulb MR sensor equipped with the ferromagnetism layer with a nano layer is indicated in detail by the U.S. patent application 07th which was transferred to these people and which coalesced in this specification by reference / No. 750157. Although this invention was illustrated and explained about the desirable example, it will be understood by this contractor form and that various change can be added in detail, without deviating from the meaning of this invention, the range, and instruction. Therefore, this invention indicated on these specifications is a power it is considered that is an instantiation--only thing, and is limited by only the range specified in the claim of the account of the head.

translation done.]

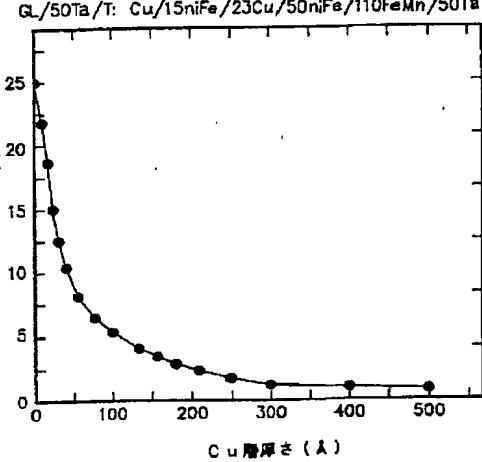
50Ta/T: Cu/15NiFe/23Cu/50NiFe/110FeMn/50Ta



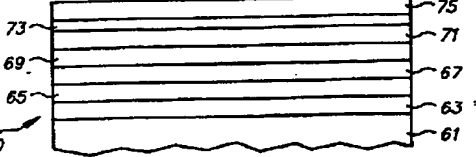
Drawing 5]



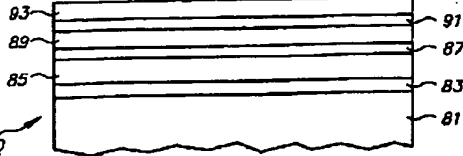
Drawing 6]



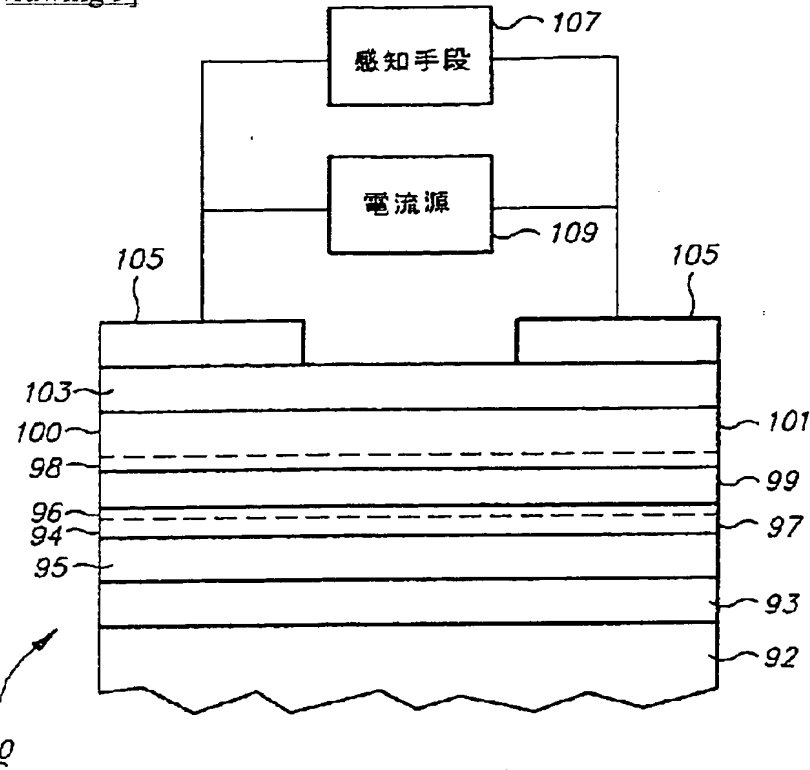
Drawing 7]



Drawing 8]



rawing 9]



ranslation done.]